

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-261584

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 3 1 M

G 0 3 F 1/16

G 0 3 F 1/16

A

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-53012

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月5日

(31) 優先権主張番号 1 9 7 1 0 7 9 8 . 2

(32) 優先日 1997年3月17日

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 トーマス・バイヤー

ドイツ デー71134 アイドリンゲン・
ダハテルモシェネッカーヴェーク 15

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

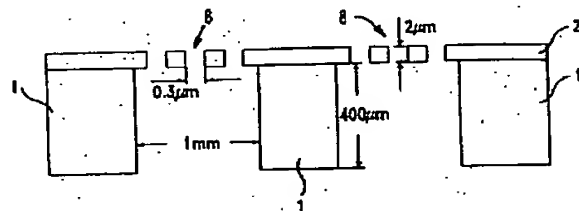
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスク・フィールドを備えた膜マスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄い支持壁によって境界が区切られたマスク・フィールドを備える膜マスクの製造方法。

【解決手段】 マスク・フィールド 8 と、単結晶シリコン・ボディによって形成され、膜 2 によって被われた支持壁 1 とを備えるマスクを製造する。支持壁 1 は本質的に異方性プラズマ・エッチング・プロセスによって形成し、支持壁を被覆する膜 2 に達する直前にウェット・エッチング・ステップを行い、支持壁をシリコン・ボディの (100) 方向に対して平行に配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】マスク・フィールドと、単結晶シリコン・ボディによって形成され、膜(2)によって被われた支持壁(1)とを備えるマスクの製造方法であって、支持壁(1)を本質的に異方性プラズマ・エッチング・プロセスによって形成し、支持壁を被覆する膜(2)に達する直前にウェット・エッチング・ステップを行うことを特徴とする方法。

【請求項2】ウェット・エッチング・ステップにアルカリ性溶液を使用することを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】支持壁(1)の高さが約400 μ mであることを特徴とする、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】膜(2)の厚さが約0.2 μ mないし2 μ mであることを特徴とする、請求項1ないし3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】膜(2)が濃くドーピングされたシリコン層、窒化シリコン層、または $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ の複合層から成り、前記窒化シリコン層および複合層の両面が重金属層によって被覆されていることを特徴とする、請求項1ないし4のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄い支持壁によって境界を区切られたマスク・フィールドを備える膜マスクの製造方法に関する。この膜マスクは、短波長放射を使用する露光プロセスに適する。

【0002】

【従来の技術】複写する構造体がますます微小化するに伴い、光リソグラフィに代わってX線ビーム、電子ビーム、およびイオン・ビームなどの短波長放射を用いた露光プロセスが次第に使用されるようになってきている。これらのプロセスは、露光マスクの製造または半導体ウエハの直接露光に使用され、1ギガビット・チップの場合にはわずかに約0.2 μ mであることが望ましい構造体幅のパターンを形成するための主要なリソグラフィ・プロセスになるであろう。

【0003】従来の光リソグラフィ用のマスク基板は、通常の光波長では透明な、比較的厚い(数mm)水晶板から成るが、1970年代の初めという昔からX線ビーム、電子ビーム、およびイオン・ビーム・プロセスには膜マスクを使用する試みがなされてきた。これによって、高解像度での半導体ウエハの十分なスループットが実現可能になる。マスクと前記3種類の短波長放射との相互作用には、約0.1 μ mから数 μ mまでの厚さの膜マスクが必要である。

【0004】イオン・ビーム・プロセス用のマスクは、パターンとして膜に穴が必要であるのに対し、X線ビームおよび電子ビーム露光では金属吸収材パターンを備え

た閉じた膜を使用することもできる。

【0005】この3つのいずれの場合も、フォトリソストに適切なパターンを書き込む電子ビーム・パターン生成器によって膜マスクを製造する。0.5 μ mより小さい構造体の場合、電子ビームで書き込まれたパターンの角品質が悪く、角が丸くなる。

【0006】次に、エッチング・プロセスによってパターンを膜または吸収材層に転写する。最も一般的に使用されている異方性エッチング・プロセスは、正確なパターン転写、すなわち、フォトリソストにおいてすでに丸くなっている角は膜にほとんど同じ寸法の丸み付き角として転写されるという特徴がある。

【0007】図5に示すようなシャドウ・マスクまたはホール・マスクではパターンが物理的な穴から成り、それについてはたとえば欧州特許EP0019779号またはEP0078336号に記載されており、従来、シリコン基板12によって支持されたシリコンの膜10が使用されてきた。シリコン膜10上には、金のような金属吸収層が設けられる。

【0008】EP0019779号のシャドウ・マスクの場合、nドーピングされたシリコン基板が、pドーピングされた表面層、すなわち膜を有し、それを薄いクロム層で被覆し、その上に金を2層被せる。この金層は、厚さが合計して数百nm(最大約1 μ m)であり、不浸透性マスク領域で電子を完全に減速させるために使用された。

【0009】膜厚は約1~4 μ mの範囲であり、典型的には2 μ mである。この種のシリコン膜は、エッチ・ストップ・ドーピングを介して均一に製造することができ、構造体のサイズが小さくなり、膜厚が薄くなるにつれて、異方性プラズマ・エッチングの需要がますます大きくなり、エッチ・ストップ・ドーピングとしてたとえば約 1.3×10^{19} ボロン原子/cm³のボロン・ドーピングなど、きわめて高いpドーピングが必要である。このエッチ・ストップ・ドーピングを使用したシリコン膜は、多くのミスアラインメント障害を示し、機械的にきわめて脆弱である。

【0010】図6に示すようなX線ビーム・リソグラフィ用の閉じた膜を使用したマスクでは、パターンは膜20上に形成された金属製吸収材21の形で作られる。膜がX線ビームにとって透明になるように、膜の厚さはわずかに数 μ mにされ、膜材料は透明な箇所では吸収する放射を可能な限り少なくするために、可能な限り小さい原子番号を持つものでなければならない。

【0011】吸収材も同様に数 μ mの厚さしかなく、可能な限り大きな原子番号を持つ。典型的な金属製吸収材はタングステンまたは金から成り、膜としては、シリコン、窒化シリコン、炭化シリコン、EP0048291号で提案されているケイ化物、または最近ではダイヤモンドなどの材料が選択されている。

【0012】膜の基材はシリコン・ウエハ22であり、これは異方性エッチングによる、まっすぐ貫通した少なくとも1つの開口部を有し、この開口部の側壁は(111)面から成りシリコン・ウエハの(100)面に対して54.7度傾斜している。

【0013】これらのマスクでは、膜内の不均一な機械応力によって生じるマスクひずみの問題が現在のところ満足のいくように解決されていない。機械ひずみは、膜材料自体と吸収材の両方によって起こり得る。さらに、サブミクロン範囲で反応性イオン・エッチングを使用し

て金属製吸収材を形成する困難さがある。
【0014】数年前、「Projection electron-beam lithography: A new approach」(J. Vac. Sci. Technol. B9(6), Nov/Dec 1991, p. 2996-2999)でS. D. バーガー(Berger)等によって電子ビーム投射プロセスが提案された。これは、高エネルギー電子を使用し、新しい膜マスク技法を必要とする。また、Proceedings of SPIE 1995 (Vol. 2621, p. 247-255)ではハギンズ(Huggins)等によって記載され、Proceedings of SPIE 1994 (Vol. 2322, p. 442-451)ではJ. A. リドル(Liddle)等によって記載されているSCALPEL™マスク(角度制限投影電子ビーム・リソグラフィによる走査)は、X線ビーム・リソグラフィに使用する閉じた膜マスクと似ている。

【0015】膜と金属製吸収材層の層厚は、SCALPELマスクの場合はより薄い。約100keVの電子が両方の層に浸透するが、層上での散乱度が異なり、それを利用して縮小複写を行う。

【0016】X線ビーム・リソグラフィに使用される膜マスクとは異なり、SCALPELマスクはより小さいマスク・フィールドに分割される。この分割によって支持壁が得られ、それによって機械的安定性と温度安定性が向上するように保証する。マスク・フィールド間の面積損失を最小限に維持するため、薄い支持壁がウエハ面に対して直角に配置され、(110)ウエハから異方性ウェット・エッチングによって作製されている。

【0017】X線ビーム・リソグラフィ・マスクと同様に、SCALPELマスクでも膜または金属吸収材層あるいはその両方の層により応力問題が生じる。特にProceedings of SPIE 1995 (Vol. 2621, P. 247-255)に記載されているマスクでは、マスク・フィールドは細長いストリップであり、その結果、支持されていない膜部分は1mm×2cmの大きさの矩形から成る。膜は必然的に引張り応力を受けるため、x方向とy方向で異なる引張り応力が生じ、それによってマスク・パターンの異方性ひずみが生

じる。

【0018】米国特許第5260151号に記載されているSCALPELマスクは、マスク・フィールドを互いに区切る厚さ0.1mm高さ1.0mmの支持壁が多結晶シリコンの膜に対して垂直に配置された、約1mmのエッジ長の正方形のマスク・フィールドを有する。これによって膜内で等方性応力分布を実現する。膜を損傷させずに異方性プラズマ・エッチング技法を使用して薄い垂直方向の支持壁を製造することは問題があると認められる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、マスク・フィールドと薄い支持壁とを備えたマスクの単純で経済的な製造方法を提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、本発明によれば請求項1に記載の特徴によって達成される。

【0021】本発明による方法は、膜に対して正確に垂直に配置された支持壁の形成を容易にし、支持壁を形成するときに膜に損傷を与えるのを防ぐ。

【0022】

【発明の実施の形態】図1に、薄い支持壁1によって境界を区切られたマスク・フィールド8を備えたマスクの概略断面図を示す。支持壁は単結晶シリコンから成り、膜2によって被覆されている。典型的なサイズ比は図1に示す通りである。

【0023】個々のマスク・フィールド8のエッジ長は約1mmである。支持壁は高さ約400μmで、膜厚は約0.2μmないし約2μmの範囲である。

【0024】膜2は、たとえば濃くドーピングしたシリコン層、窒化シリコン層、または図2に示すようなSiO₂層3/Si₃N₄層4/SiO₂層5の複合層など、様々な材料から成ることができる。複合層と窒化シリコンは両側を約50nmの厚さの重金属層で被覆することもできる。

【0025】支持壁は、単結晶シリコン・ボディ1の異方性プラズマ・エッチングによって形成する。このために、シリコン・ボディ内に垂直壁を有する深さ約400μmの開口部をエッチングする。このエッチング中に、約0.2μmないし2.0μmの厚さしかない薄膜2が損傷を受けたり、エッチングで除去されたりしないように保証するため、注意を払う必要がある。膜がたとえば濃くドーピングされたシリコンから成る場合、プラズマ・エッチングのためのエッチ・ストップはない。

【0026】提案する方法では、図3に示すようにプラズマ・ディープ・エッチングを膜2に達する直前に停止し、膜の手前の最後の厚さ部分をウェット化学エッチングによって除去する。膜6は窒化シリコンのようなマスク層である。例えばKOHを含むアルカリ性エッチング溶液を使用すれば、高いエッチング選択比を達成するこ

とができる。なお、薄膜2のバターニングのためのエッチングは、シリコン・ボディ1のエッチングの前に行ってもよく、あるいはその後に行ってもよい。

【0027】ウェット・エッチング・ステップは側壁にも作用し、この側方エッチング作用は結晶配向に応じて等方または異方に実現される。支持壁1はシリコン・ボディの(100)方向に対して平行に配置される。

【0028】異方性エッチング作用の場合、エッチングされる構造体を(110)方向に対して平行に配向させる。この場合、上部および下部が図4に示す(111)面7によって形成され、中間部が(110)面によって形成された支持壁構造体を得られる。強いエッチングを過剰に行うことは、この種の構造体では避けるべきである。

【0029】等方性エッチング作用は、寸法の制御がより容易である。構造体1を(110)方向に対して45度回転させるかまたは(100)面に対して平行に配向させるならば、(111)面7によって限定される構造体が回避される。

【0030】図7に、本明細書に記載の方法により製造されたマスクを光透過光プリントの形で示す。マスク・フィールドは、膜に対して直立した側壁によって境界を区切られているかまたは枠囲いされている。1つのマスク・フィールドが1チップ分のパターンを含んでもよく、または複数のマスク・フィールドで1つのチップ・*

*パターンを形成するようにしてもよい。

【0031】図8は、マスク・フィールドを備えたマスクの一部の電子顕微鏡に基く拡大プリントを示す。サブミクロンの範囲の厚さを有する垂直側壁が格子状に示されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】マスク・フィールドと垂直支持壁を備えたマスクの概略断面図である。

【図2】マスクの他の好ましい実施態様を示す略断面図である。

【図3】支持壁の製造方法を示す図である。

【図4】支持壁の製造方法を示す図である。

【図5】現状技術で周知のホール・マスクを示す図である。

【図6】X線ビーム・リソグラフィ用の閉じた膜を使用した現状技術で周知のマスクを示す図である。

【図7】本発明による方法によって製造されたマスク・フィールドを備えたマスクの光透過光プリントを示す図である。

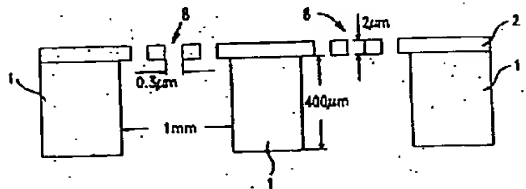
【図8】本発明による方法によって製造されたマスク・フィールドを備えたマスクの拡大プリントを示す図である。

【符号の説明】

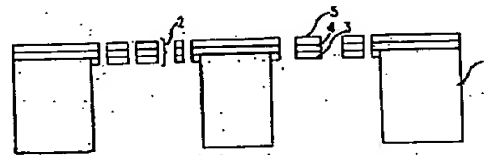
1 支持壁

2 膜

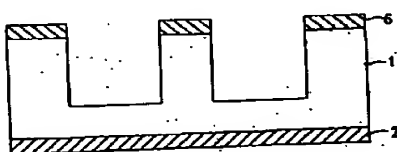
【図1】



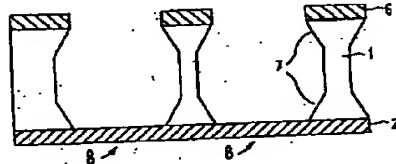
【図2】



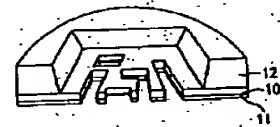
【図3】



【図4】



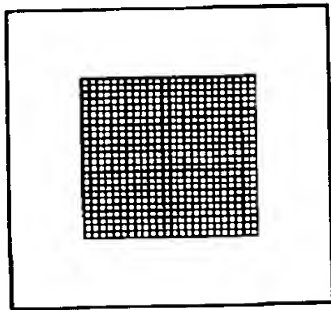
【図5】



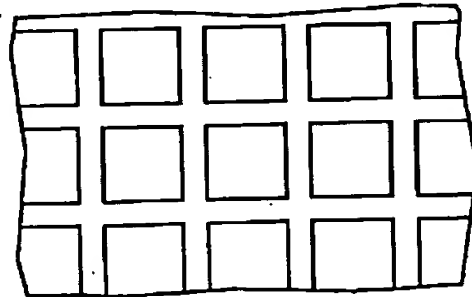
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ヨハン・グレスナー
ドイツ デー72124 プリーツハウゼン
ティアガルテンヴェーク 14
(72)発明者 ザムエル・カルト
ドイツ デー72760 ロイトリンゲン
キンダーホルトヴェーク 13

(72)発明者 クラウス・マイスナー
ドイツ デー71083 ヘレンベルク・カ
イ イェーガーシュトラッセ 7
(72)発明者 ハンス・プファイファー
アメリカ合衆国06877 コネチカット州リ
ッジフィールド ケチャム・ロード 25